

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-32406

(P2000-32406A)

(43) 公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 N 7/08		H 0 4 N 7/08	Z 5 B 0 5 7
	7/081	G 0 9 C 5/00	5 C 0 6 3
G 0 6 T 1/00		H 0 4 N 1/387	5 C 0 7 6
G 0 9 C 5/00		G 0 6 F 15/66	B
H 0 4 N 1/387			

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平10-195548

(22) 出願日 平成10年7月10日 (1998.7.10)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 大網 亮磨

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100080816

弁理士 加藤 朝道

Fターム(参考) 5B057 BA29 CA16 CB18 CE08 CG03

CG05 CG07

5C063 AB03 AB05 CA07 CA09 DA13

DA20

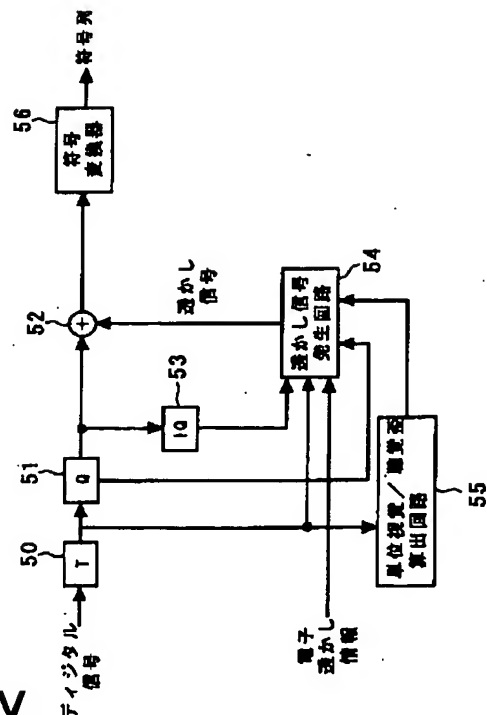
5C076 AA14 BA06

(54) 【発明の名称】 デジタル信号の電子透かし挿入システム

(57) 【要約】

【課題】非可逆圧縮による画像の劣化を考慮して電子透かしを挿入することで、デジタル信号の品質劣化を抑えつつ、検出率を向上させる電子透かしシステムの提供。

【解決手段】線形変換回路50でデジタル信号に対して線形変換が行われ、原信号変換係数を算出し原信号変換係数は量子化器51にて量子化され量子化値と量子化情報とが出力され、量子化値は逆量子化器53で逆量子化され逆量子化値が求まる。単位視覚/聴覚歪算出回路55では各原信号変換係数に対して単位視覚/聴覚歪を算出し、透かし信号発生回路54は、原信号変換係数と電子透かし情報と逆量子化値と量子化情報と単位視覚/聴覚歪と、から、透かし信号を算出し、その際、まず電子透かし挿入の目標信号を算出し、次に量子化値を修正するための透かし信号を算出し、透かし信号は加算器52において量子化値に加算され、加算結果は符号変換器56で符号列に変換される。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】ディジタル信号を符号化すると共に電子透かしを挿入するシステムであって、

前記ディジタル信号を周波数成分に投影する線形変換を行い原信号変換係数を出力する手段と、

前記原信号変換係数を量子化し、量子化した値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段と、

前記透かし無し量子化値を逆量子化して透かし無し復号信号変換係数を出力する手段と、

前記原信号変換係数から視覚／聴覚モデルに基づいて前記原信号変換係数のそれぞれに対応する単位視覚／聴覚歪を算出して出力する手段と、

前記透かし無し復号信号変換係数と前記原信号変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚／聴覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに、前記単位視覚／聴覚歪に基づいて、信号全体として視覚／聴覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、前記透かし無し量子化値を修正するような量子化値修正信号を、前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する透かし信号発生手段と、

前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する手段と、

前記透かし入り量子化値から符号列を生成して出力する手段とを含む、ことを特徴とする、ディジタル信号符号化電子透かし挿入システム。

【請求項 2】前記透かし信号発生手段が、

前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪情報と、前記電子透かし情報と、から目標信号を算出して出力する目標信号算出手段と、

前記量子化情報と前記目標信号と、に基づいて、前記透かし無し復号信号変換係数の値を変更して透かし仮挿入信号を生成し、該透かし仮挿入信号を出力する透かし仮挿入手段と、

前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪情報と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、から、透かし仮挿入信号の視覚／聴覚的劣化を示す値を算出し視覚／聴覚的劣化度情報として出力する視覚／聴覚的劣化度算出手段と、

前記電子透かし情報と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、前記視覚／聴覚的劣化度算出手段から出力される視覚／聴覚的劣化度情報と、から、透かし挿入制御信号を生成して出力する透かし挿入判定手段と、

前記量子化情報と、前記透かし無し復号信号変換係数と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、前記透かし挿入判定手段から出力される前記透かし挿入制御信号と、から、透かし信号を生成し出力する透かし信号生成手段と、

を備えたことを特徴とする、請求項 1 記載のディジタル

信号符号化電子透かし挿入システム。

【請求項 3】前記透かし信号発生手段が、

前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪情報と、前記電子透かし情報と、から目標信号を算出して出力する目標信号算出手段と、

前記量子化情報と、前記電子透かし情報と、前記目標信号算出手段から出力される目標信号と、視覚／聴覚的劣化度算出手段から出力される視覚／聴覚的劣化度情報に基づいて、前記透かし無し復号信号変換係数の値を変更して透かし仮挿入信号と透かし挿入信号を生成して出力する透かし仮挿入手段と、

前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪情報と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、から、透かし仮挿入信号の視覚／聴覚的劣化度情報を算出し前記透かし仮挿入手段へ出力する視覚／聴覚的劣化度算出手段と、

前記量子化情報と、前記透かし無し復号信号変換係数と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし挿入信号とから透かし信号を生成し、出力する透かし信号生成手段と、

を備えたことを特徴とする、請求項 1 記載のディジタル信号符号化電子透かし挿入システム。

【請求項 4】画像を符号化すると共に電子透かしを挿入するシステムであって、

局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段と、

入力画像から前記動き補償予測画像を減じて予測誤差画像を求めて出力する手段と、

前記予測誤差画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、予測誤差画像変換係数を求めて出力する手段と、

前記予測誤差画像変換係数を量子化して、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段と、

前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する手段と、

前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する手段と、

前記透かし無し逆量子化値と前記予測画像変換係数とを加算し、透かし無し復号画像変換係数を出力する手段と、

前記入力画像に前記線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する手段と、

前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段と、

前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さく、かつ電子透

3

かしの検出率を高めるように、前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を、前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する透かし信号発生手段と、

前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する手段と、

前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段と前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段と、

前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段と、前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、加算結果を前記局所復号画像として出力する手段とを備えたことを特徴とする、画像符号化電子透かし挿入システム。

【請求項 5】画像を符号化すると共に電子透かしを挿入するシステムであって、

局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段と、

入力画像から前記動き補償予測画像を減じて予測誤差画像を求めて出力する手段と、

前記予測誤差画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、予測誤差画像変換係数を求めて出力する手段と、

前記予測誤差画像変換係数を量子化して、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段と、

前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し復号画像変換係数を出力する手段と、

前記予測誤差画像変換係数から視覚モデルに基づいて前記予測誤差画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段と、

前記透かし無し復号画像変換係数と前記予測誤差画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と前記電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を、前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する透かし信号発生手段と、

前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、加算結果を透かし入り量子化値として出力する手段と、前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段と、

前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段と、

前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段と、

前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、加算結果を前記局所復号画像として出力する手段

4

とを備え、フレーム内符号化するフレームにのみ電子透かしを挿入する、ことを特徴とする、画像符号化電子透かし挿入システム。

【請求項 6】画像を符号化すると共に電子透かしを挿入するシステムであって、

入力画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する手段と、

局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段と、

10 前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する手段と、

前記原画像変換係数から前記予測画像変換係数を減じて、結果を予測誤差画像変換係数として出力する手段と、

前記予測誤差画像変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段と、

前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する手段と、

20 前記予測画像変換係数に前記透かし無し逆量子化値とを加算し、透かし無し復号画像変換係数を出力する手段と、

前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて、前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段と、

前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出して、さらに、前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さくかつ電子

30 透かしの検出率を高めるように前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を前記目標信号から決定して、これを透かし信号として出力する透かし信号発生手段と、

前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値として出力する手段と、

前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段と前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段と、

40 前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段と、

前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、前記局所復号画像を出力する手段とを有することを特徴とする、画像符号化電子透かし挿入システム。

【請求項 7】前記透かし信号発生手段が、

前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪情報と、前記電子透かし情報と、から目標信号を算出して出力する目標信号算出手段と、

前記量子化情報と前記目標信号と、に基づいて、前記透かし無し復号信号変換係数の値を変更して透かし仮挿入信号を生成し、該透かし仮挿入信号を出力する透かし仮

挿入手段と、

前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪情報と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、から、透かし仮挿入信号の視覚／聴覚的劣化を示す値を算出し視覚／聴覚的劣化度情報として出力する視覚／聴覚的劣化度算出手段と、

前記電子透かし情報と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、前記視覚／聴覚的劣化度算出手段から出力される視覚／聴覚的劣化度情報と、から、透かし挿入制御信号を生成して出力する透かし挿入判定手段と、

前記量子化情報と、前記透かし無し復号信号変換係数と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、前記透かし挿入判定手段から出力される前記透かし挿入制御信号と、から、透かし信号を生成し出力する透かし信号生成手段と、

を備えたことを特徴とする、請求項 4 又は 6 記載の画像符号化電子透かし挿入システム。

【請求項 8】前記透かし信号発生手段が、

前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪情報と、前記電子透かし情報と、から目標信号を算出して出力する目標信号算出手段と、

前記量子化情報と、前記電子透かし情報と、前記目標信号算出手段から出力される目標信号と、視覚／聴覚的劣化度算出手段から出力される視覚／聴覚的劣化度情報に基づいて、前記透かし無し復号信号変換係数の値を変更して透かし仮挿入信号と透かし挿入信号を生成して出力する透かし仮挿入手段と、

前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪情報と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、から、透かし仮挿入信号の視覚／聴覚的劣化度情報を算出し前記透かし仮挿入手段へ出力する視覚／聴覚的劣化度算出手段と、

前記量子化情報と、前記透かし無し復号信号変換係数と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし挿入信号とから透かし信号を生成し、出力する透かし信号生成手段と、

を備えたことを特徴とする、請求項 4 又は 6 記載の画像符号化電子透かし挿入システム。

【請求項 9】ディジタル信号を符号化すると共に電子透かしを挿入するシステムにおいて、

(a) ディジタル信号を周波数成分に投影する線形変換を行い、原信号変換係数を出力する手段、

(b) 前記原信号変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段、

(c) 前記透かし無し量子化値を逆量子化して、透かし無し復号信号変換係数を出力する手段、

(d) 前記原信号変換係数から視覚／聴覚モデルに基づいて、前記原信号変換係数それぞれに対応する単位視覚

／聴覚歪を算出して出力する手段と、

(e) 前記透かし無し復号信号変換係数と前記原信号変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚／聴覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに、前記単位視覚／聴覚歪に基づいて、信号全体として視覚／聴覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、前記透かし無し量子化値を修正するような量子化値修正信号を前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する手段、

(f) 前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する手段及び、

(g) 前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段と、

の上記 (a) ~ (g) の各手段を前記システムを構成するコンピュータで機能させるためのプログラムを記憶した記録媒体。

【請求項 10】画像を符号化すると共に電子透かしを挿入するシステムであって、

(a) 局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段、

(b) 入力画像から前記動き補償予測画像を減じて予測誤差画像を求めて出力する手段、

(c) 前記予測誤差画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、予測誤差画像変換係数を求めて出力する手段、

(d) 前記予測誤差画像変換係数を量子化して、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段、

(e) 前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する手段、

(f) 前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する手段、

(g) 前記透かし無し逆量子化値と前記予測画像変換係数とを加算し、透かし無し復号画像変換係数を出力する手段、

(h) 前記入力画像に前記線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する手段、

(i) 前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段、

(j) 前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を、前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する手段、

(k) 前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する手段、

(l) 前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出

力する手段、

(m) 前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段、

(n) 前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段及び、

(o) 前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、加算結果を前記局所復号画像として出力する手段、

の上記(a)～(o)の各手段を前記システムを構成するコンピュータで機能させるためのプログラムを記憶した記録媒体。

【請求項11】画像を符号化すると共に電子透かしを挿入するシステムであって、

(a) 入力画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する手段、

(b) 局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段、

(c) 前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する手段、

(d) 前記原画像変換係数から前記予測画像変換係数を減じて、結果を予測誤差画像変換係数として出力する手段、

(e) 前記予測誤差画像変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段、

(f) 前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する手段、

(g) 前記予測画像変換係数に前記透かし無し逆量子化値とを加算し、透かし無し復号画像変換係数を出力する手段、

(h) 前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて、前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段、

(i) 前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出して、さらに、前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さくかつ電子透かしの検出率を高めるように前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を前記目標信号から決定して、これを透かし信号として出力する手段、

(j) 前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値として出力する手段、

(k) 前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段、

(l) 前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段、

(m) 前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段及び、

(n) 前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、前記局所復号画像を出力する手段、

の上記(a)～(n)の各手段を前記システムを構成するコンピュータで機能させるためのプログラムを記憶した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、非可逆圧縮符号化を伴うデジタル信号の電子透かし挿入に関し、特に、符号化で用いる変換と同じ変換を行なって電子透かしを挿入するシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】この種の従来の、画像への電子透かし挿入システムとして、例えば文献1(1997年1月、暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS97)予稿SCIS97-26A「デジタル画像の著作権保護のための周波数領域における電子透かし方式」)に記載される方式が知られている。この方式では、原画像を8×8などの一定の大きさのブロックに区切り、各ブロックにDCT(離散コサイン変換)を行って、得られるDCT係数に電子透かしを挿入している。具体的には、DCT係数Dを、電子透かし強度hを基準にして丸め込むことで透かし情報を挿入する。もし、挿入すべき情報が0であるならば、DCT係数Dを

【0003】

$$q = h \left\lfloor \frac{D + h/4}{h} \right\rfloor + \frac{h}{4}$$

のように丸め込む。

【0004】一方、挿入すべき情報が1であるならば、DCT係数Dを

【0005】

$$q = h \left\lfloor \frac{D - h/4}{h} \right\rfloor + \frac{3h}{4}$$

のように丸め込む。

【0006】埋め込まれた電子透かしを検出するときには、まず、画像を8×8などの一定の大きさのブロックに区切り、各ブロックにDCTを行ってDCT係数D'を得る。次に、D'を透かし強度hで量子化したときの量子化残差P

【0007】

$$p = D' - \left\lfloor \frac{D'}{h} \right\rfloor h$$

を調べて、埋め込まれた透かし情報を得る。このとき、

$$0 \leq p < \frac{h}{2}$$

であれば埋め込まれている情報は0と判定し、

$$\frac{h}{2} \leq p < h$$

であれば埋め込まれている情報は 1 と判定する。

【0008】このようにして電子透かしの挿入、検出を行うが、どの DCT 係数に電子透かしを挿入するかは、乱数によって決定し、この乱数を鍵としている。また、画像全体に同じ透かし情報を繰り返し挿入して、耐性を高めるようにしている。この方式では、挿入のときには人間の視覚特性は考慮していない。

【0009】また、DCT ではなくウェーブレット変換を用いる方式として、例えば文献 2（1998 年 2 月、信学技報 97 巻、565 号、37～42 頁に記載の CQ 97-76「多重解像度解析によるデジタル画像への電子透かし法」）に記載される方式が知られている。この方式では、原画像をウェーブレット変換により多重解像度分解した後、高域係数のパワーが高くなる位置の低域係数に電子透かしを挿入する。すなわち、高域係数の 2 乗和を求め、それが閾値以上となる低域係数を選択して電子透かしを挿入する。その挿入方法は、前記文献 1「デジタル画像の著作権保護のための周波数領域における電子透かし方式」と類似しており、もし、挿入すべき情報が 0 であるならば、ウェーブレット変換係数を透かし強度 h の偶数倍となるように丸め込む。一方、挿入すべき情報が 1 であるならば、ウェーブレット変換係数を透かし強度 h の奇数倍となるように丸め込む。

【0010】上述した従来の各電子透かし挿入方式においては、原画に対して直接電子透かしを挿入し、挿入の際には、非可逆圧縮のことは考慮していない。すなわち、電子透かしの挿入と非可逆圧縮はまったく独立のプロセスである。これらの方式で電子透かしを挿入し、その後非可逆圧縮を行う場合は、次のようになる。

【0011】図 7 は、従来方式で電子透かしを挿入し、これに対して、DCT に基づく非可逆符号化を行う場合の電子透かし挿入および符号化器の構成の一例を示すブロック図である。

【0012】図 7 を参照すると、電子透かし挿入器 10 は、入力画像に電子透かしを挿入し、画像符号化器 11 に出力する。画像符号化器 11 は、電子透かし挿入器 10 から入力される画像を符号化し、符号列を生成して出力する。

【0013】さらに、電子透かし挿入器 10 は、DCT 回路 1、電子透かし挿入回路 2、及び、逆 DCT (Inverse DCT、「IDCT」ともいう) 回路 3 を備えて構成されており、DCT 回路 1 は、入力画像に DCT を行い、DCT 係数を電子透かし挿入回路 2 へ出力する。電子透かし挿入回路 2 は、透かし情報に基づいて透かし信号を計算し、DCT 回路 1 から出力される DCT 係数に透かし信号を乗せ、透かし入り DCT 係数として逆 DCT (Inverse DCT) 回路 3 に出力する。逆 DCT 回路 3

は、電子透かし挿入回路 2 から出力される透かし入り DCT 係数に逆 DCT を行って、透かし挿入画像を出力する。そして、この透かし挿入画像は、画像符号化器 11 の DCT 回路 4 に入力される。

【0014】画像符号化器 11 は、DCT 回路 4、量子化器 5、及び、符号変換器 6 を備えて構成されており、DCT 回路 4 は、逆 DCT 回路 3 から出力される電子透かし挿入画像に DCT を行い、DCT 係数を量子化器 5 へ出力する。量子化器 5 は、DCT 回路 4 から出力される DCT 係数を量子化して、量子化値を符号変換器 6 へ出力する。符号変換器 6 は、量子化器 5 から出力される量子化値に可変長符号化を行って、符号列を出力する。

【0015】次に、図 7 に示した回路の動作について説明する。入力画像は、 8×8 のブロックに分解され、DCT 回路 1 において、個々のブロックに対して DCT が行われ、 8×8 DCT 係数が出力される。電子透かし挿入回路 2 では、入力される透かし情報から透かし信号を計算して、 8×8 DCT 係数に加算する。この電子透かし挿入方式には、例えば前記文献 1「デジタル画像の著作権保護のための周波数領域における電子透かし方式」に示される方式がある。そして、電子透かしの挿入された 8×8 DCT 係数が求まる。この透かし情報の入った 8×8 DCT 係数は、逆 DCT 回路 3 において 8×8 ブロックごとに逆 DCT が行われ、電子透かしの挿入された画像が求まる。

【0016】このようにして求めた画像は、画像符号化器 11 に入力され、まず、DCT 回路 4 で 8×8 DCT が行われ、DCT 係数が出力される。この DCT 係数は、量子化器 5 において、量子化が行われる。例えば、JPEG 符号化を行う場合には、量子化テーブルに基づいて、各 DCT 係数の量子化幅が決定され、量子化される。そして、求めた量子化値は、符号変換器 6 において、ジグザグスキャンなどによって一次元に走査された後、ハフマン符号化や算術符号化によって符号列に変換され出力される。符号列を生成する際には、量子化パラメータなどの付加情報も一緒に多重化される。

【0017】図 8 は、従来方式で電子透かしを挿入し、これに MPEG などの非可逆符号化を行う場合の電子透かし挿入および符号化器の構成の一例を示すブロック図である。図 8 において、電子透かし挿入器 10 は、入力画像に電子透かしを挿入し、画像符号化器 40 に出力する。電子透かし挿入器 10 は、図 7 に示した電子透かし挿入器 10 と同じ構成である。画像符号化器 40 は、電子透かし挿入器 10 から入力される画像を符号化し、符号列を生成して出力する。画像符号化器 40 は、減算機 21、DCT 22、量子化器 23、逆量子化器 25、逆 DCT 26、加算器 27、フレームメモリ 28、及び、符号変換器 24 を備えて構成されている。

【0018】電子透かし挿入器 10 の逆 DCT 回路 3 から出力される透かし挿入画像は、画像符号化器 40 の減

算器 21 に入力される。減算器 21 は、逆 DCT 回路 3 から出力される透かし挿入画像から、フレームメモリ 28 から出力される動き補償予測画像を減じて、その差分信号である予測誤差画像を、DCT 回路 22 へ出力する。

【0019】DCT 回路 22 は、減算器 21 から出力される予測誤差画像信号に DCT を施し、量子化器 23 へ DCT 係数を出力する。量子化器 23 は、DCT 回路 22 から出力される DCT 係数を量子化し、量子化値を符号変換器 24 と逆量子化器 25 へ出力する。符号変換器 24 は、量子化器 23 から出力される量子化値に可変長符号化を行って、符号列を出力する。逆量子化器 25 は、量子化器 23 から出力される量子化値を逆量子化して、逆量子化値を逆 DCT 回路 26 へ出力する。逆 DCT 回路 26 は、逆量子化器 25 から出力される逆量子化値に逆 DCT を行って、局所復号予測誤差画像を加算器 27 へ出力する。加算器 27 は、逆 DCT 回路 26 から出力される局所復号予測誤差画像に、フレームメモリ 28 から出力される動き補償予測画像を加算して、局所復号画像を、フレームメモリ 28 へ出力する。フレームメモリ 28 は、加算器 27 から出力される局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を減算器 21 と加算器 27 へ出力する。

【0020】次に、図 8 に示した回路の動作について説明する。電子透かし挿入器 10 において、入力画像に電子透かしが挿入され、電子透かし挿入画像が生成、出力される。電子透かし挿入器 10 の動作は、図 7 に示したものと同一である。

【0021】電子透かし挿入器 10 で求めた電子透かし挿入画像は、動画像符号化器 40 に入力され、減算器 21 において、フレームメモリ 28 から出力される動き補償予測画像が減じられ、予測誤差画像が求まる。フレームメモリ 28 の動作は後述する。求めた予測誤差画像は、DCT 回路 22 において、 8×8 ブロックごとに DCT が行われ、DCT 係数が出力される。この DCT 係数は、量子化器 23 において量子化が行われる。例えば、MPEG 符号化を行う場合には、量子化マトリクスとマクロブロックごとに定まる量子化スケール値に基づいて、各 DCT 係数の量子化幅が決定され、量子化される。そして、求めた量子化値は、符号変換器 24 において、ジグザグスキャン、オルタネートスキャンなどによって次元に走査された後、ハフマン符号化や算術符号化によって符号列に変換され、出力される。符号列を生成する際には、量子化パラメータなどの付加情報も一緒に多重化される。さらに、量子化器 23 で求めた量子化値は、逆量子化器 25 で逆量子化され、逆 DCT 回路 26 で 8×8 ブロックごとに逆 DCT が行われ、局所復号予測誤差画像が求まる。

【0022】加算器 27 では、局所復号予測誤差画像に、フレームメモリ 28 から出力される動き補償予測画

像が加算され、局所復号画像が求まる。これは、フレームメモリ 28 に入力され、蓄積される。フレームメモリ 28 では、過去に蓄積された局所復号画像が蓄えられており、これを参照画像として動き補償を行われ、動き補償予測画像が生成、出力される。

【0023】また、DCT ではなくウェーブレット変換を用いる前記文献 2 「多重解像度解析によるデジタル画像への電子透かし法」の場合は、上述の DCT の部分をウェーブレット変換に変えれば、同様のことがいえる。

10 【0024】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来の方式は、電子透かしを挿入した後に非可逆圧縮符号化を行うと、透かし検出精度が著しく劣化する、という問題点を有している。

【0025】この理由は、電子透かしを挿入する際には、デジタル信号の圧縮のことを考慮していないためである。非可逆圧縮後であっても、電子透かしを検出できるようにするには、挿入する電子透かしの強度を強くする必要がある。しかし、強度を強くすると、デジタル信号の品質が低下するという問題が生じる。

20 【0026】したがって本発明は、上記問題点を鑑みてなされたものであって、その主たる目的は、非可逆圧縮による劣化を考慮して電子透かしを挿入することで、デジタル信号の品質劣化を抑えつつ、検出率を向上させる、電子透かしシステムを提供することにある。

【0027】また本発明の他の目的は、人間の視覚／聴覚特性を考慮することで、透かし挿入に伴う視覚／聴覚的な劣化の小さい電子透かし挿入システムを提供することにある。

30 【0028】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する本願第 1 発明は、デジタル信号を符号化すると同時に電子透かしを挿入する方式であって、デジタル信号を周波数成分に投影する線形変換を行い、原信号変換係数を出力する手段と、前記原信号変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段と、前記透かし無し量子化値を逆量子化して、透かし無し復号信号変換係数を出力する手段と、前記原信号変換係数から視覚／聴覚モデルに基づいて、前記原信号変換係数それぞれに対応する単位視覚／聴覚歪を算出して出力する手段と、前記透かし無し復号信号変換係数と前記原信号変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚／聴覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出して、さらに、前記単位視覚／聴覚歪に基づいて、信号全体として視覚／聴覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように前記透かし無し量子化値を修正するような量子化値修正信号を前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する手段と、前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する手段と、前記透かし入り

50

量子化値から符号列を生成し、出力する手段とを有することを特徴とする。

【0029】本願第2発明は、画像を符号化すると同時に電子透かしを挿入する方式であって、局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段と、入力画像から前記動き補償予測画像を減じて、予測誤差画像を求めて出力する手段と、前記予測誤差画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、予測誤差画像変換係数を求めて出力する手段と、前記予測誤差画像変換係数を量子化して、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段と、前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する手段と、前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する手段と、前記透かし無し逆量子化値と前記予測画像変換係数とを加算し、透かし無し復号画像変換係数を出力する手段と、前記入力画像に前記線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する手段と、前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて、前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段と、前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を前記目標信号から決定して、これを透かし信号として出力する手段と、前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する手段と、前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段と前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段と、前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段と、前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算して、結果を前記局所復号画像として出力する手段とを有することを特徴とする。

【0030】本願第3発明は、画像を符号化すると同時に電子透かしを挿入する方式であって、入力画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する手段と、局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段と、前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する手段と、前記原画像変換係数から前記予測画像変換係数を減じて、結果を予測誤差画像変換係数として出力する手段と、前記予測誤差画像変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段と、前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する手段と、前記予測画像変換係数に前記透かし無し逆量子化値とを加算し、透かし無し復号

画像変換係数を出力する手段と、前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて、前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段と、前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出して、さらに、前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さくかつ電子透かしの検出率を高めるように前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を前記目標信号から決定して、これを透かし信号として出力する手段と、前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値として出力する手段と、前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段と前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段と、前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段と、前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、前記局所復号画像を出力する手段とを有することを特徴とする。

20 【0031】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について説明する。本発明は、その好ましい第1の実施の形態において、図1を参照すると、デジタル信号を周波数成分に投影する線形変換を行い原信号変換係数を出力する線形変換手段(50)と、原信号変換係数を量子化し、量子化した値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する量子化手段(51)と、透かし無し量子化値を逆量子化して透かし無し復号信号変換係数を出力する逆量子化手段(53)と、原信号変換係数から視覚／聴覚モデルに基づいて原信号変換係数のそれぞれに対応する単位視覚／聴覚歪を算出して出力する単位視覚／聴覚歪算出手段(55)と、逆量子化手段からの透かし無し復号信号変換係数と、線形変換手段からの原信号変換係数と、量子化手段からの量子化情報と、単位視覚／聴覚歪算出手段からの単位視覚／聴覚歪と、与えられた電子透かし情報と、から、目標信号を算出し、さらに、単位視覚／聴覚歪に基づいて、信号全体として、視覚／聴覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、透かし無し量子化値を修正するような量子化値修正信号を、該目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する透かし信号発生手段(54)と、量子化手段からの透かし無し量子化値と、透かし信号発生手段からの透かし信号とを加算し加算結果を透かし入り量子化値として出力する加算手段(52)と、加算手段からの透かし入り量子化値から符号列を生成して出力する符号変換手段(56)と、を備えて構成される。

50 【0032】本発明は、その好ましい実施の形態において、図5を参照すると、透かし信号発生手段は、前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪と、前記電子透

かし情報と、から目標信号を算出して出力する目標信号算出手段（200）と、前記量子化情報と前記目標信号に基づいて、前記透かし無し復号信号変換係数の値を変更して、透かし仮挿入信号を生成し、該透かし仮挿入信号を出力する透かし仮挿入手段（201）と、前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号とから、透かし仮挿入信号の視覚／聴覚的劣化を示す値を算出し視覚／聴覚的劣化度として出力する視覚／聴覚的劣化度算出手段（203）と、前記電子透かし情報と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、前記視覚／聴覚的劣化度算出手段から出力される視覚／聴覚的劣化度から、透かし挿入制御信号を生成して出力する透かし挿入判定手段（204）と、前記量子化情報と、前記透かし無し復号信号変換係数と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、前記透かし挿入判定手段から出力される透かし挿入制御信号とから透かし信号を生成し出力する透かし信号生成手段（202）と、を備えて構成される。

【0033】本発明は、その好ましい実施の形態において、図6を参照すると、透かし信号発生手段は、前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪と、前記電子透かし情報とから目標信号を算出して出力する目標信号算出手段（200）と、前記量子化情報と、前記電子透かし情報と、前記目標信号算出手段から出力される目標信号と、視覚／聴覚的劣化度算出手段から出力される視覚／聴覚的劣化度に基づいて、透かし無し復号信号変換係数の値を変更して透かし挿入信号を生成して出力する透かし仮挿入手段（231）と、前記原信号変換係数と、前記単位視覚／聴覚歪と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし仮挿入信号と、から、透かし仮挿入信号の視覚／聴覚的劣化度を算出し前記透かし仮挿入手段へ出力する視覚／聴覚的劣化度算出手段（233）と、前記量子化情報と、前記透かし無し復号信号変換係数と、前記透かし仮挿入手段から出力される透かし挿入信号とから透かし信号を生成し、出力する透かし信号生成手段（232）とを備える。

【0034】本発明は、その好ましい実施の形態において、図2を参照すると、画像を符号化すると同時に電子透かしを挿入するシステムであって、局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し出力する手段（88）と、入力画像から動き補償予測画像を減じて予測誤差画像を求めて出力する減算手段（81）と、予測誤差画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、予測誤差画像変換係数を求めて出力する第1の線形変換手段（82）と、予測誤差画像変換係数を量子化して、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する量子化手段（83）と、透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する逆量子化手段（74）と、動き補償予

測画像に、線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する第2の線形変換手段（73）と、透かし無し逆量子化値と予測画像変換係数とを加算し、透かし無し復号画像変換係数を出力する第1の加算手段（75）と、前記入力画像に前記線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する第3の線形変換手段（71）と、原画像変換係数から視覚モデルに基づいて前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する単位視覚歪算出手段（72）と、透かし無し復号画像変換係数と原画像変換係数と量子化情報と単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を、目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する透かし信号発生手段（77）と、透かし無し量子化値と透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する第2の加算手段（76）と、透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する符号変換手段（84）と透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する逆量子化手段（85）と、透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する逆線形変換手段（86）と、局所復号予測誤差画像に動き補償予測画像を加算し、加算結果を局所復号画像として出力する第3の加算手段（87）と、を備える。

【0035】本発明は、その好ましい実施の形態において、図3を参照すると、画像を符号化すると同時に電子透かしを挿入するシステムであって、局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段（88）と、入力画像から動き補償予測画像を減じて予測誤差画像を求めて出力する減算手段（81）と、予測誤差画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、予測誤差画像変換係数を求めて出力する線形変換手段（82）と、予測誤差画像変換係数を量子化して、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する量子化手段（83）と、透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し復号画像変換係数を出力する逆量子化手段（74）と、予測誤差画像変換係数から視覚モデルに基づいて予測誤差画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する単位視覚歪算出手段（72）と、前記透かし無し復号画像変換係数と前記予測誤差画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と前記電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を、前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する透かし信号発生手段（90）と、前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、加算結果を透かし入り量子化値として出力する加算

手段(76)と、前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する符号変換手段(84)と、前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する逆量子化手段(85)と、前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する逆線形変換手段(86)と、前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、加算結果を前記局所復号画像として出力する第2の加算手段(87)と、を備え、フレーム内符号化するフレームにのみ電子透かしを挿入する。

【0036】本発明は、その好ましい実施の形態において、図4を参照すると、画像を符号化すると同時に電子透かしを挿入するシステムであって、入力画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する第1の線形変換手段(図4の101)と、局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し出力する手段(図4の88)と、前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する第2の線形変換手段(図4の102)と、前記原画像変換係数から前記予測画像変換係数を減じて、減算結果を予測誤差画像変換係数として出力する減算手段(図4の103)と、前記予測誤差画像変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する量子化手段(図4の83)と、前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する逆量子化手段(図4の74)と、前記予測画像変換係数に前記透かし無し逆量子化値とを加算し、加算結果を透かし無し復号画像変換係数を出力する第1の加算手段(図4の75)と、前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて、前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する単位視覚歪算出手段(図4の72)と、前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出して、さらに、前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さくかつ電子透かしの検出率を高めるように前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を前記目標信号から決定して、これを透かし信号として出力する透かし信号発生手段(図4の77)と、前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、加算結果を透かし入り量子化値として出力する第2の加算手段(図4の76)と、前記透かし入り量子化値から符号列を生成し出力する符号変換手段(図4の84)と前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する逆量子化手段(図4の85)と、前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する逆線形変換手段(図4の86)と、前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、加算結果を前記局所復号画像を出力する第3の加算手段(図4の

87)とを備える。

【0037】本発明の実施の形態においては、(a)ディジタル信号を周波数成分に投影する線形変換を行い、原信号変換係数を出力する手段、(b)前記原信号変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段、(c)前記透かし無し量子化値を逆量子化して、透かし無し復号信号変換係数を出力する手段、(d)前記原信号変換係数から視覚/聴覚モデルに基づいて、前記原信号変換係数それぞれに対応する単位視覚/聴覚歪を算出して出力する手段、(e)前記透かし無し復号信号変換係数と前記原信号変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚/聴覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに、前記単位視覚/聴覚歪に基づいて、信号全体として視覚/聴覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、前記透かし無し量子化値を修正するような量子化値修正信号を前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する手段、(f)前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する手段及び、(g)前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段、の上記(a)～(g)の各手段は、電子透かし挿入システムを構成するコンピュータ(CPU;ディジタル信号処理プロセッサも含む)でプログラムを実行することで実現するようにしてもよい。この場合、上記(a)～(g)の各手段を機能させるためのプログラムは、ハードディスク、ROM等に格納しておき、CPUで読み出し実行するように構成される。本発明は、これらのプログラムを格納した記録媒体も含む。

【0038】本発明の実施の形態においては、(a)局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段、(b)入力画像から前記動き補償予測画像を減じて予測誤差画像を求めて出力する手段、(c)前記予測誤差画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、予測誤差画像変換係数を求めて出力する手段、(d)前記予測誤差画像変換係数を量子化して、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段、(e)前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する手段、(f)前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する手段、(g)前記透かし無し逆量子化値と前記予測画像変換係数とを加算し、透かし無し復号画像変換係数を出力する手段、(h)前記入力画像に前記線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する手段、(i)前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段、(j)前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出し、さらに前記単位視覚歪

に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さく、かつ電子透かしの検出率を高めるように、前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を、前記目標信号から決定し、これを透かし信号として出力する手段、

(k) 前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値を出力する手段、(l) 前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段、(m) 前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段、(n) 前記透かし入り逆量子化値に前記線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段、(o) 前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、加算結果を前記局所復号画像として出力する手段、の上記

(a) ~ (o) の各手段は、電子透かし挿入システムを構成するコンピュータ (CPU; デジタル信号処理プロセッサも含む) でプログラムを実行することで実現するようにしてもよい。この場合、上記 (a) ~ (o) の各手段を機能させるためのプログラムは、ハードディスク、ROM等に格納しておき、CPUで読み出し実行するように構成される。本発明は、これらのプログラムを格納した記録媒体も含む。

【0039】本発明の実施の形態においては、(a) 入力画像に対して空間周波数成分に投影する線形変換を行い、原画像変換係数を求めて出力する手段、(b) 局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を生成し、出力する手段、(c) 前記動き補償予測画像に前記線形変換を行い、予測画像変換係数を求めて出力する手段、(d) 前記原画像変換係数から前記予測画像変換係数を減じて、結果を予測誤差画像変換係数として出力する手段、(e) 前記予測誤差画像変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として出力するとともに、量子化情報を出力する手段、(f) 前記透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し逆量子化値を出力する手段、(g) 前記予測画像変換係数に前記透かし無し逆量子化値とを加算し、透かし無し復号画像変換係数を出力する手段、(h) 前記原画像変換係数から視覚モデルに基づいて、前記原画像変換係数それぞれに対応する単位視覚歪を算出して出力する手段、(i) 前記透かし無し復号画像変換係数と前記原画像変換係数と前記量子化情報と前記単位視覚歪と電子透かし情報とから、目標信号を算出して、さらに、前記単位視覚歪に基づいて、画像全体として視覚的に歪が小さくかつ電子透かしの検出率を高めるように前記透かし無し量子化値を修正する量子化値修正信号を前記目標信号から決定して、これを透かし信号として出力する手段、(j) 前記透かし無し量子化値と前記透かし信号とを加算し、透かし入り量子化値として出力する手段、(k) 前記透かし入り量子化値から符号列を生成し、出力する手段、(l) 前記透かし入り量子化値を逆量子化し、透かし入り逆量子化値を出力する手段、(m) 前記透かし入り逆量子化値に前記

線形変換の逆変換を行い、局所復号予測誤差画像を求めて出力する手段、(n) 前記局所復号予測誤差画像に前記動き補償予測画像を加算し、前記局所復号画像を出力する手段との上記 (a) ~ (n) の各手段は、電子透かし挿入システムを構成するコンピュータ (CPU; デジタル信号処理プロセッサも含む) でプログラムを実行することで実現するようにしてもよい。この場合、上記 (a) ~ (n) の各手段を機能させるためのプログラムは、ハードディスク、ROM等に格納しておき、CPUで読み出し実行するように構成される。本発明は、これらのプログラムを格納した記録媒体も含む。

【0040】

【実施例】本発明の実施例について図面を参照して以下に詳細に説明する。

【0041】[実施例1] 図1は、本発明の第1の実施例の構成を示すブロック図である。図1を参照すると、本発明の第1の実施例において、線形変換回路50は、入力デジタル信号に線形変換を行い、得られた変換係数を、原信号変換係数として、量子化器51と単位視覚/聴覚歪算出回路55と透かし信号発生回路54とへ出力する。

【0042】量子化器51は、線形変換回路50から出力される原信号変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として逆量子化器53と加算器52とへ出力するとともに、量子化情報を透かし信号発生回路54へ出力する。

【0043】逆量子化器53は、量子化器51から出力される透かし無し量子化値を逆量子化し、透かし無し復号信号変換係数として、透かし信号発生回路54へ出力する。

【0044】単位視覚/聴覚歪算出回路55は、線形変換回路50から出力される原信号変換係数から単位視覚/聴覚歪を算出し、透かし信号発生回路54へ出力する。

【0045】透かし信号発生回路54は、逆量子化器53から出力される透かし無し復号信号変換係数と、線形変換回路50から出力される原信号変換係数と、電子透かし情報と、量子化器51から出力される量子化情報と、単位視覚/聴覚歪算出回路55から出力される単位視覚/聴覚歪と、から、透かし信号を計算し、透かし信号を加算器52へ出力する。

【0046】加算器52は、量子化器51から出力される透かし無し量子化値と、透かし信号発生回路54から出力される透かし信号と、を加算して、加算結果を、透かし入り量子化値として符号変換器56へ出力する。

【0047】符号変換器56は、加算器52から出力される透かし入り量子化値から符号列を生成して出力する。

【0048】次に、図1に示した回路の動作について説明する。

【0049】入力デジタル信号は、線形変換回路50に入力され、ここで線形変換が行われる。線形変換とは、デジタル信号を周波数成分に変換する変換を意味し、例えば、DCTや、離散アダマール変換、フーリエ変換、カルーネン・レーベ変換などの直交変換や、ウェーブレット変換などのフィルタ変換がこれに相当する。例えば、入力デジタル信号が画像信号でこれをJPEG符号化する場合には、線形変換として、 8×8 DCTが用いられる。 8×8 DCTの場合には、入力デジタル信号である画像信号は、 8×8 のブロックに分割され、各ブロックに対してDCTが行なわれる。

【0050】一方、線形変換としてウェーブレット変換などのフィルタ変換が用いられる場合には、画像全体にフィルタ処理が行なわれる。このようにして求めた変換係数は、原信号変換係数として出力される。

【0051】原信号変換係数は、量子化器51において量子化が行われる。例えば、JPEG符号化を行う場合には、量子化テーブルに基づいて量子化特性が決定され、各変換係数は量子化される。そして、量子化値は、透かし無し量子化値として出力される。また、この量子化で用いられた量子化情報も同時に出力される。量子化情報としては、例えばJPEGであれば量子化テーブルの値である。あるいは、量子化幅そのものであってもよい。あるいは、量子化特性を一意に定めるためのインデックスであってもよい。

【0052】透かし無し量子化値は、逆量子化器53で逆量子化され、結果は、透かし無し復号信号変換係数として出力される。この透かし無し復号信号変換係数は、電子透かしを挿入しない場合に復号器で得られる復号信号に対して線形変換を行って求める変換係数に、整数化や演算精度の違いによって生じる微小な誤差を除いて一致する。

【0053】一方、線形変換回路50で得られた変換係数は、単位視覚／聴覚歪算出回路55へも入力され、単位視覚／聴覚歪算出回路55では、各変換係数に対応する単位視覚／聴覚歪が算出される。

【0054】ここで、単位視覚／聴覚歪とは、入力信号が画像の場合には画質の視覚的な劣化の尺度となる量で、この量を基準として視覚的な劣化の度合を表す。

【0055】また入力信号が音声または音響信号の場合には、単位視覚／聴覚歪は音質の聴覚的な劣化の尺度となる量で、この量を基準として聴覚的な劣化の度合を表す。この量としては、例えば、JND (Just Noticeable Difference) がある。JNDは文字通り、人間の目や耳の違いを識別できる限界値であり、この値よりも小さい差は、人間の目や耳では検知できない。

【0056】単位視覚／聴覚歪はJNDそのものであってもよいし、これを定数倍したものであってもよい。単位視覚／聴覚歪は視覚／聴覚モデルに基づいて計算される。視覚／聴覚モデルとしては、任意の視覚／聴覚モデ

ルを用いることが可能である。例えば、入力信号が画像で、線形変換回路50で線形変換として、 8×8 DCTを行う場合には、文献3 (SPIE, vol. 1913 (1993), pp. 202-216, 「DCT quantization matrices visually optimized for individual images」 (Andrew B. Watson著)) のモデルを用いてJNDを計算し、これを単位視覚／聴覚歪として用いることができる。

【0057】単位視覚／聴覚歪は、各変換係数ごとに異なるため、変換係数ごとに算出される。ただし、電子透かしの挿入に関係しない変換係数に対しては、これを求める必要はない。このようにして、各変換係数の単位視覚／聴覚歪が求まり、出力される。

【0058】そして、透かし信号発生回路54において、透かし無し復号変換係数と原信号変換係数と電子透かし情報と量子化情報と単位視覚／聴覚歪とを用いて透かし信号が生成され、出力される。この動作の詳細は後述する。さらに加算器52において、透かし信号は、対応する透かし無し量子化値に加算され、結果は透かし入り量子化値として出力される。透かし入り量子化値は符号変換器56において符号列に変換される。例えば、入力デジタル信号が画像の場合には、ジグザグスキャンなどによって一次元に走査された後、ハフマン符号化や算術符号化によって符号列に変換され、出力される。符号列を生成する際には、量子化情報などの付加情報も一緒に多重化される。

【0059】次に、本発明の第1の実施例における透かし信号発生回路54の詳細について説明する。図5は、本発明の第1の実施例における、透かし信号発生回路54の構成の一例を示すブロック図である。図5を参照して、透かし信号発生回路の構成について説明する。

【0060】図5を参照すると、目標信号算出回路200、透かし仮挿入器201、透かし信号生成回路202、聴覚／聴覚的劣化度算出回路203、及び透かし挿入判定回路204を備えて構成されている。目標信号算出回路200は、原信号変換係数と単位視覚／聴覚歪と電子透かし情報とから目標信号を算出して、透かし仮挿入器201へ出力する。透かし仮挿入器201は、量子化情報と目標信号算出回路200から出力される目標信号に基づいて、透かし無し復号信号変換係数の値を変更して透かし仮挿入信号を生成し、これを視覚／聴覚的劣化度算出回路203と透かし挿入判定回路204と透かし信号生成回路202へ出力する。

【0061】視覚／聴覚的劣化度算出回路203は、原信号変換係数と単位視覚／聴覚歪と透かし仮挿入器201から出力される透かし仮挿入信号とから、透かし仮挿入信号の視覚／聴覚的劣化を示す値を算出し、視覚／聴覚的劣化度として透かし挿入判定回路204へ出力する。

【0062】透かし挿入判定回路204は、電子透かし情報と透かし仮挿入器201から出力される透かし仮挿

入信号と視覚／聴覚的劣化度算出回路203から出力される視覚／聴覚的劣化度から、透かし挿入制御信号を生成し、透かし信号生成回路202へ出力する。

【0063】透かし信号生成回路202は、量子化情報と透かし無し復号信号変換係数と透かし仮挿入器201から出力される透かし仮挿入信号と透かし挿入判定回路204から出力される透かし挿入制御信号とから、透かし信号を生成し、出力する。

【0064】次に、図5に示した回路の詳細な動作について説明する。原信号変換係数と単位視覚／聴覚歪と電子透かし情報とは目標信号算出回路200に入力される。目標信号算出回路200では、原信号変換係数と挿入すべき電子透かし情報とから、透かし挿入後に変換係数がとるべき値が算出される。そして、この値は目標信号として出力される。目標信号は、変換係数そのものであってもよいし、変換係数になんらかの変換を行って得られる値でもよい。どのように目標信号を求めるかは、用いる電子透かし挿入、検出方法に依存して決定される。

【0065】目標信号の算出に用いる電子透かし挿入方法としては、変換係数ドメインで電子透かしを挿入する任意の方法を用いることができる。例えば、図1の線形変換回路50において、J P E Gなどで用いられる8×8 D C Tを行う場合には、前記文献1「デジタル画像の著作権保護のための周波数領域における電子透かし方式」に示される方式などの従来方式を含め、任意の8×8 D C Tベースの電子透かし挿入方法を用いることができる。この目標信号の算出に当たっては、単位視覚／聴覚歪を考慮して、視覚歪が目立ちにくいような目標信号を算出することも可能である。

【0066】目標信号は透かし仮挿入器201へ入力され、ここで、透かし仮挿入信号が算出される。透かし仮挿入信号は、透かし無し復号信号変換係数を、目標信号に近づくように変化させることにより求める。ただし、復号器側で逆量子化して復号するとき、この値は量子化情報によって定まる離散的な値しか取り得ないことを考慮して、変化させる際も、復号器で復号する際に取り得る離散的な値の間で変化させる。例えば、透かし無し復号信号変換係数を求めるとき、線形量子化によって量子化を行ったならば、逆量子化値として取り得る値は、等しい量子化ステップ間隔の値しか取り得ないため、量子化ステップ幅の整数倍の値で増減させる。

【0067】透かし仮挿入器201から出力される透かし仮挿入信号は、視覚／聴覚的劣化度算出回路203へ入力される。視覚／聴覚的劣化度算出回路203では、各透かし仮挿入信号値と、対応する原信号変換係数の差分が算出される。そして、これが、対応する単位視覚／聴覚歪の何倍に相当するかが計算され、この値が視覚／聴覚的劣化度として出力される。

【0068】透かし仮挿入器201から出力される透かし

し仮挿入信号は、透かし挿入判定回路204へも入力される。ここでは、以下に述べるような方法によって、電子透かし情報を用いて透かし仮挿入信号が有効であるかを判定する。

【0069】透かし仮挿入信号は、量子化の影響のために、目標信号とは必ずしも一致せず、ある程度のずれが生じる。透かし挿入判定回路204では、まず、このずれが電子透かしの検出に与える影響を各透かし仮挿入信号値に対して調べる。この部分は、どのような方式によって電子透かしを検出するかに依存する。量子化の影響を調べる方式としては、実際に電子透かしの検出を試みて、仮挿入した透かし信号が検出に寄与するかどうかを調べればよい。あるいは、実際に検出を行わなくても、これに類似する操作によって影響を調べる方式など、様々な方式を用いることが可能である。

【0070】もし、このずれが検出の劣化にはつながらない場合には、さらに対応する視覚／聴覚的劣化度を調べる。そして、劣化が小さい場合には、実際に透かしを挿入してもよいと判定して、挿入を許可する制御信号

(ON信号値)を出力する。この判定方式としては、例えば、閾値を用いて、劣化度の絶対値が閾値以下のときのみ挿入を許可する方式などが考えられる。

【0071】一方、前述のずれによって、電子透かしの挿入が意味をなさない場合や、誤検出の原因になるなど、逆に検出に悪影響を及ぼす場合については、挿入を禁止する制御信号(OFF信号値)を出力する。

【0072】以上の判定を、各透かし仮挿入信号値に対して行い、各透かし挿入信号値に対応する制御信号値は、透かし生成回路202へ出力される。

【0073】さらに、透かし仮挿入器から出力される透かし仮挿入信号は、透かし信号生成回路202へも入力される。透かし信号生成回路202では、透かし挿入判定回路204から出力される透かし挿入制御信号に基づいて、透かしの挿入の是非を判断し、透かし信号を生成する。透かし挿入制御信号値がONとなる透かし仮挿入信号値に対しては、これと透かし無し復号信号変換係数との差分を求め、量子化情報を用いてその差分を量子化された値に換算して、透かし信号値として出力する。一方、透かし挿入制御信号がONでない場合、透かし信号値として0を出力する。このようにして、透かし信号値が生成され、出力される。

【0074】なお、図5に示した透かし挿入判定回路204において、挿入される電子透かしの強度を判定して、これが所定の条件を満たさない場合は、目標信号算出回路200に対して、目標信号の再計算を要求するようになっていても良い。すなわち、透かし強度が所定の条件を満たさない場合は、より強い強度の透かしを埋め込むための目標信号を計算するよう、目標信号算出回路200に要求する。目標信号算出回路200では、この要求を受けると、再度目標信号を計算し、上述の手順で

再度透かし信号の算出が行われる。このように、透かし挿入判定回路での判定結果をフィードバックすることで、電子透かしの強度を適応的に制御できる。

【0075】上記した、透かし信号発生回路は、電子透かし挿入方式に依存して、様々な形態で実施が可能である。

【0076】次に、上述の構成を、前記文献1「デジタル画像の著作権保護のための周波数領域における電子透かし方式」に示される電子透かし方式に応用して、この挿入方式を改良する例について述べる。この方式に適用する場合、図1に示す回路に入力されるデジタル信号は画像であり、線形変換回路50で行われる線形変換は、 8×8 DCTとする。

【0077】図5に示した回路のうち、視覚／聴覚的劣化度算出回路203と透かし信号生成回路202の動作については、電子透かし挿入方式には特に依存せず、前述の通りであるため、これ以外の回路について述べる。

【0078】目標信号算出回路200は、電子透かし情報の0、1に応じて、前記数1または数2によって求まる透かし挿入後の変換係数 q を、目標信号として算出し、出力する回路として構成される。

【0079】透かし仮挿入器201は、目標信号に近づくように、透かし無し復号信号変換係数を量子化情報に従って変化させ、透かし仮挿入信号を算出する回路である。例えば、各目標信号値を量子化情報に従って量子化した値を、透かし仮挿入信号として計算する回路が考えられる。視覚／聴覚的劣化度算出回路203は、前述の通り、各透かし仮挿入信号の視覚的劣化度を算出して出力する。透かし挿入判定回路204は、電子透かし情報を用いて、透かし仮挿入信号に対して前記数3、数4、数5に従って判定を試み、実際に挿入した電子透かし情報と判定された電子透かし情報とが一致する透かし仮挿入信号値を選択する。さらに、選択された透かし仮挿入信号値に対して視覚的劣化度を調べ、この値がある一定値以下であるならば、その透かし仮挿入信号値に対する透かし挿入制御信号値をONにする。他方、それ以外の透かし仮挿入信号値については、透かし挿入制御信号値をOFFにする。この透かし挿入制御信号値を透かし信号生成回路202へ出力する。

【0080】また、上述のDCTを行う部分をウェーブレット変換に変えることで、上述の実施例を、前記文献2「多重解像度解析によるデジタル画像への電子透かし法」に示される電子透かし方式に応用し、改良する方式を、同様にして構成できる。

【0081】図6は、本発明の第1の実施例における、透かし信号発生回路54の別の構成の一例を示すブロック図である。図6を参照して、透かし信号発生回路の構成について説明する。

【0082】目標信号算出回路200は、原信号変換係数と単位視覚／聴覚歪と電子透かし情報とから目標信号

を算出して、透かし仮挿入器231へ出力する。透かし仮挿入器231は、量子化情報と電子透かし情報と目標信号算出回路200から出力される目標信号と視覚／聴覚的劣化度算出回路233から出力される視覚／聴覚的劣化度に基づいて、透かし無し復号信号変換係数の値を変更して透かし挿入信号を生成し、これを透かし信号生成回路232へ出力する。また、透かし仮挿入信号を視覚／聴覚的劣化度算出回路233へ出力する。

【0083】視覚／聴覚的劣化度算出回路233は、原信号変換係数と単位視覚／聴覚歪と透かし仮挿入器231から出力される透かし仮挿入信号とから、透かし仮挿入信号の視覚／聴覚的劣化度を算出し、透かし仮挿入器231へ出力する。

【0084】透かし信号生成回路232は、量子化情報と透かし無し復号信号変換係数と透かし仮挿入器231から出力される透かし挿入信号とから透かし信号を生成し、出力する。

【0085】次に、図6に示した透かし信号発生回路235の詳細な動作について説明する。

【0086】原信号変換係数と単位視覚／聴覚歪と電子透かし情報とは目標信号算出回路200に入力される。目標信号算出回路200の動作は、図5に示したのものと同様であり、目標信号が算出され、透かし仮挿入器231へ出力される。

【0087】透かし仮挿入器231では、透かし挿入信号が算出される。これは、透かし無し復号信号変換係数を、目標信号に近づくように変化させることにより求める。透かし仮挿入器231は、図5に示した透かし仮挿入器201において透かし仮挿入信号を算出したときと同様にして、透かし挿入信号を算出する。さらに、透かし仮挿入器231は、透かし仮挿入信号も算出する。これは、透かし挿入信号の各値を更新するとしたらいくらに更新するか、すなわち、透かし挿入信号の次の更新値を表す値である。そして、透かし無し復号信号変換係数値を、透かし挿入信号よりも、数量化ステップ分だけ余分に变化させた値とする。簡単には、1量子化ステップ分だけ余分に变化させた値にすればよい。あるいは、何量子化ステップ分变化させるかを決定するのに、電子透かし情報を用いてもよい。そして、透かし仮挿入信号は、視覚／聴覚的劣化度算出回路233へ出力される。一方、透かし挿入信号については、透かし仮挿入器231の内部にある記憶装置にその値が保持される。

【0088】視覚／聴覚的劣化度算出回路233の動作は、図5に示した視覚／聴覚的劣化度算出回路203と同様であり、視覚／聴覚的劣化度が求まり、透かし仮挿入器231へ出力される。透かし仮挿入器231では、この視覚／聴覚的劣化度から、現在の透かし挿入信号値を、さらに量子化ステップ1つ分（あるいは数ステップ分）だけ変化させると、視覚／聴覚的劣化度がいくらになるかがわかる。すなわち、この値が小さくなる透かし

仮挿入信号値に関しては、さらに、1量子化ステップ分（あるいは数量化ステップ分）だけ値を変化させても、視覚／聴覚的劣化が小さいことがわかる。

【0089】そこで、透かし仮挿入器231では、この視覚／聴覚的劣化度が小さいものから優先的に透かし挿入信号値を変化させていく。すなわち、記憶装置内に保持されている値を更新していく。そして、目標信号に近くなった時点で透かし挿入信号値の更新を停止し、最終的に求まった透かし挿入値を透かし信号生成回路232へ出力する。

【0090】透かし信号生成回路232の動作は、図5に示した透かし信号生成回路202と同様であるが、入力信号が透かし仮挿入信号から透かし挿入信号へ変わっている。また、透かし挿入制御信号によって透かしを挿入するか否かを制御しない。すなわち、図5に示した透かし信号生成回路202において、透かし挿入制御信号が常にONである場合と同様の動作をして、透かし信号を出力する。

【0091】次に、前記文献1「デジタル画像の著作権保護のための周波数領域における電子透かし方式」に示される電子透かし方式に応用した場合の、透かし信号発生回路54の具体的な構成について、図1及び図6を参照して説明する。

【0092】この方式に応用する場合、前述の通り、図1に示した回路に入力されるデジタル信号は画像であり、線形変換回路50で行われる線形変換は、 8×8 DCTとする。

【0093】目標信号算出回路200は、電子透かし情報の0、1に応じて、前記数1または数2によって求まる透かし挿入後の変換係数 q を、目標信号として算出し、出力する回路として構成される。

【0094】透かし仮挿入器231では、まず、透かし挿入信号値を入力される透かし無し復号信号変換係数値と同じ値にセットする。次に、各透かし挿入信号値を数量化ステップ分だけ変化させて、対応する透かし仮挿入信号値を計算する。このとき、変化させる方向、すなわち、量子化ステップを加算するか減算するかは、目標信号値と比べて、透かし挿入信号値が大きい小さいかによって決まる。もし、透かし挿入信号値が大きい場合は、量子化ステップを減じ、そうでなければ量子化ステップを加える。このとき、何量子化ステップ分変化させるかは、電子透かし情報と比較して、正しく検出できるかどうかによって決定する。すなわち、量子化ステップ1つ分、2つ分、と変化させていったとき、透かし仮挿入信号から正しく電子透かし情報が検出できる最小の値を選択する。このようにして透かし仮挿入値を決定する。

【0095】次に、求まった透かし仮挿入信号値は、視覚／聴覚的劣化度算出回路233へ入力され、透かし仮挿入信号値それぞれに対する視覚的劣化度が算出され、

透かし仮挿入器231へ出力される。透かし仮挿入器231では、入力された視覚的劣化度が小さくなるものを選択し、記憶装置に保持されている透かし挿入信号値を透かし仮挿入信号値に更新する。このとき、この透かし仮挿入信号値も対応して更新される。透かし仮挿入信号値の決定法は上述の通りである。

【0096】正しく検出できる透かし情報の割合が一定の条件を満たすまで、上述の操作を繰り返す。あるいは、各透かし仮挿入信号値に対する視覚的劣化度が、どれも所定の値よりも大きくなった場合は、そこで更新を終了する。あるいは、上述の繰り返しを所定の回数行ったらそこで更新を終了するようにしてもよい。

【0097】そして、最終的に求まった透かし挿入信号を透かし信号生成回路232へ出力する。透かし信号生成回路232の動作は前述のとおりであり、透かし信号が算出され、出力される。

【0098】また、上述のDCTを行う部分をウェーブレット変換に変えることで、上述の実施例を前記文献2「多重解像度解析によるデジタル画像への電子透かし法」に示される電子透かし方式に応用し、改良する方式を、同様に構成できる。

【0099】以上説明した本発明の第1の実施例は、非可逆圧縮による電子透かしデータの劣化を防ぎ、かつ、視覚／聴覚的な劣化を抑える信号の電子透かし挿入方式を与える。

【0100】[実施例2]次に、本発明の第2の実施例について図面を参照して詳細に説明する。図2は、本発明の第2の実施例の構成を示すブロック図である。図2を参照すると、減算器81は、フレームメモリ88から出力される動き補償予測画像を入力画像から減じて、結果を予測誤差画像として線形変換回路82へ出力する。

【0101】線形変換回路82は、減算器81から出力される予測誤差画像に線形変換を行って、得られる変換係数を予測誤差画像変換係数として量子化器83へ出力する。

【0102】量子化器83は、線形変換回路82から出力される予測誤差画像変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として逆量子化器74と加算器76へ出力し、さらに量子化情報を透かし信号発生回路77へ出力する。

【0103】線形変換回路71は、入力画像に線形変換を行って、結果を原画像変換係数として透かし信号発生回路77と単位視覚歪算出回路72へ出力する。

【0104】単位視覚歪算出回路72は、線形変換回路71から出力される原画像変換係数から単位視覚歪を算出し、透かし信号発生回路77へ出力する。

【0105】線形変換回路73は、フレームメモリ88から出力される動き補償予測画像にDCTを行って、得られる変換係数を予測画像変換係数として加算器75へ出力する。

【0106】逆量子化器74は、量子化器83から出力される透かし無し量子化値を逆量子化し、結果を透かし無し逆量子化値として加算器75へ出力する。

【0107】加算器75は、線形変換回路73から出力される予測画像変換係数と逆量子化器74から出力される透かし無し逆量子化値とを加算して、結果を透かし無し復号画像変換係数として透かし信号発生回路77へ出力する。

【0108】透かし信号発生回路77は、加算器75から出力される透かし無し復号画像変換係数と、線形変換回路71から出力される原画像変換係数と、電子透かし情報と、量子化器83から出力される量子化情報と、単位視覚歪算出回路72から出力される単位視覚歪とから透かし信号を算出し、透かし信号を加算器76へ出力する。

【0109】加算器76は、量子化器83から出力される透かし無し量子化値に透かし信号発生回路77から出力される透かし信号を加算し、結果を透かし入り量子化値として符号変換器84と逆量子化器85へ出力する。

【0110】符号変換器84は、加算器76から出力される透かし入り量子化値に変長符号化を行って、符号列を生成して出力する。

【0111】逆量子化器85は、加算器76から出力される透かし入り量子化値を逆量子化して、結果を透かし入り逆量子化値として逆線形変換回路86へ出力する。

【0112】逆線形変換回路86は、逆量子化器85から出力される透かし入り逆量子化値に逆線形変換を行って、得られる変換係数を局所復号予測誤差画像として加算器87へ出力する。

【0113】加算器87は、逆線形変換回路86から出力される局所復号予測誤差画像にフレームメモリ88から出力される動き補償予測画像を加算して、局所復号画像をフレームメモリ88へ出力する。

【0114】フレームメモリ88は、加算器87から出力される局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を減算器81と加算器87と線形変換回路73へ出力する。

【0115】次に、図2に示した回路の動作について説明する。

【0116】入力画像は、減算器81に入力され、ここでフレームメモリ88から出力される動き補償予測画像が入力画像から減じられ、予測誤差画像が求まる。フレームメモリ88の動作は後述する。求まった予測誤差画像は、線形変換回路82において線形変換が行われ、求まった変換係数は、予測誤差画像変換係数として出力される。図1に示した回路と同様に、線形変換としてはさまざまな変換が可能である。MPEGやH.261、H.263等の国際標準画像符号化方式の場合には、線形変換として8×8DCTが行われる。予測誤差画像変換係数は、量子化器83に入力され、量子化される。例えば、MPEG符

号化を行う場合には、量子化マトリクスとマクロブロックごとに定まる量子化スケール値に基づいて量子化特性が決定され、各変換係数は量子化される。そして、量子化値は透かし無し量子化値として出力される。また、この量子化で用いられた量子化情報も同時に出力される。量子化情報としては、例えばMPEGであれば量子化マトリクスの値、量子化スケール値である。あるいは、量子化幅そのものであってもよい。あるいは、量子化特性を一意に定めるためのインデックスであってもよい。透かし無し量子化値は逆量子化器74で逆量子化され、結果は透かし無し逆量子化値として出力される。

【0117】また、フレームメモリ88から出力される動き補償予測画像は、線形変換回路73へ入力され、動き補償予測画像に対して、線形変換回路82と同様の線形変換が行われる。そして得られた変換係数は、予測画像変換係数として出力される。予測画像変換係数は、加算器75へ入力され、逆量子化器74から出力される透かし無し逆量子化値に加算される。そして、得られた結果は透かし無し復号画像変換係数として出力される。なお、透かし無し復号画像変換係数は、電子透かしを挿入しない場合に、復号器で得られる復号画像にDCTを行って求まる変換係数と、整数化、演算精度等に起因する微小な誤差を除いて等しくなる。

【0118】一方、入力画像は、線形変換回路71へも入力され、線形変換回路82と同様の線形変換が行われる。そして、求まった変換係数は、原画像変換係数として出力される。原画像変換係数は、単位視覚歪算出回路72へ入力される。単位視覚歪算出回路72の動作は図1の単位視覚／聴覚歪算出回路55と同様であり、各原画像変換係数に対する単位視覚歪が算出され、出力される。

【0119】そして、透かし信号発生回路77において、透かし無し復号画像変換係数と原画像変換係数と電子透かし情報と量子化情報と単位視覚歪とを用いて透かし信号が生成され、出力される。

【0120】透かし信号発生回路77の動作は、図1に示した透かし信号発生回路54と同様である。ただし、透かし信号を生成する際に用いるパラメータ等は、画像の符号化モードを示すピクチャタイプやマクロブロックタイプ、あるいは動き補償モードなどに応じて異なってもよい。

【0121】透かし信号は、加算器76において、量子化器83から出力される透かし無し量子化値に加算され、その結果は透かし入り量子化値として出力される。透かし入り量子化値は、符号変換器84において、ジグザグスキャン、オルタネートスキャンなどによって一次元に走査された後、ハフマン符号化や算術符号化によって符号列に変換され、出力される。符号列を生成する際には、量子化パラメータなどの画像の符号化復号処理で必須な付加情報も一緒に多重化される。

【0122】さらに、加算器76から出力される透かし量子化値は、逆量子化器85で逆量子化され、さらに逆線形変換回路86において線形変換回路82で行われた変換の逆変換が行われ、局所復号予測誤差画像が求まる。例えば、線形変換回路82で 8×8 DCTが行われる場合には、逆線形変換回路86では、 8×8 逆DCTが行われる。加算器87では、局所復号予測誤差画像に、フレームメモリ88から出力される動き補償予測画像が加算され、局所復号画像が求まる。これは、フレームメモリ88に入力され、蓄積される。フレームメモリ88では、過去に局所復号された局所復号画像が蓄えられており、これを参照画像として動き補償が行われ、動き補償予測画像が生成、出力される。

【0123】[実施例3]図2に示した前記第2の実施例の回路では、フレーム間符号化を行うフレームについても電子透かしを挿入している。そのかわりに、フレーム内符号化するフレームのみに電子透かしを挿入することも可能である。

【0124】図3は、本発明の第3の実施例の構成を示す図であり、内符号化するフレームにのみ電子透かしを挿入する符号化器の構成を示すブロック図である。図2に示した回路と比べると、図3に示す回路構成においては、線形変換回路71、線形変換回路73、加算器75が無く、透かし信号発生回路77のかわりに、透かし信号発生回路90が設けられている。そして、逆量子化器74から出力される透かし無し逆量子化は透かし信号発生回路90へ出力され、線形変換回路82から出力される予測誤差画像変換係数は、単位視覚歪算出回路72と透かし信号発生回路90へも出力されている。それ以外の構成は、図2に示した構成と同じである。

【0125】フレーム内符号化を行う場合には、フレームメモリ88からは動き補償予測画像は出力されない。このため、減算器81の出力は原画像と同じである。したがってこの場合は、図2において線形変換回路82の出力と線形変換回路71の出力は一致するため、1つの線形変換回路で十分である。このため、図3に示す回路では、線形変換回路82から出力される予測誤差画像変換係数は、単位視覚歪算出回路72と透かし信号発生回路90へも出力されている。

【0126】また、フレーム内符号化の場合は、図2において加算器75の出力は逆量子化器74から出力される透かし無し逆量子化値と一致するため、図3に示す回路では、線形変換回路73、加算器75を除き、逆量子化器74から出力される透かし無し逆量子化値がそのまま透かし信号発生回路90へ入力されている。

【0127】透かし信号発生回路90からは、フレーム内符号化するときは透かし信号が出力され、フレーム間符号化を行うときは、透かし信号として0が出力される。それ以外の回路の動作は、図2に示した回路と同様である。

【0128】このように、フレーム内符号化を行うフレームのみに電子透かしを挿入する場合にはフィードバックループを考慮する必要はなくなるため、図1に示した回路と等価になる。したがって、図1の説明で述べた通り、本発明を実施できる。

【0129】上記した本発明の第2、第3の実施例は、非可逆圧縮による電子透かしデータの劣化を防ぎ、かつ、視覚的な劣化を抑える動画像の電子透かし挿入方式を与える。

10 【0130】[実施例4]次に、本発明の第4の実施例について図面を参照して詳細に説明する。

【0131】図4は、本発明の第4の実施例の構成を示すブロック図である。図4を参照すると、線形変換回路101は、入力画像に線形変換を行い、得られる変換係数を原画像変換係数として、減算器103と透かし信号発生回路77と単位視覚歪算出回路72へ出力する。

20 【0132】線形変換回路102は、フレームメモリ88から出力される動き補償予測画像に線形変換を行って、得られる変換係数を予測画像変換係数として、減算器103と加算器75へ出力する。

【0133】減算器103は、線形変換回路101から出力される原画像変換係数から、線形変換回路102から出力される予測画像変換係数を減じて、得られる変換係数を予測誤差画像変換係数として量子化器83へ出力する。

30 【0134】量子化器83は、減算器103から出力される予測誤差画像変換係数を量子化し、量子化値を透かし無し量子化値として逆量子化器74と加算器76へ出力し、さらに量子化情報を透かし信号発生回路77へ出力する。

【0135】逆量子化器74の接続関係は、図2に示した回路と同じである。加算器75は、線形変換回路102から出力される予測画像変換係数と逆量子化器74から出力される透かし無し逆量子化値とを加算して、結果を透かし無し復号画像変換係数として透かし信号発生回路77へ出力する。

【0136】単位視覚歪算出回路72は、線形変換回路101から出力される原画像変換係数から単位視覚歪を算出し、透かし信号発生回路77へ出力する。

40 【0137】透かし信号発生回路77は、加算器75から出力される透かし無し復号画像変換係数と、線形変換回路101から出力される原画像変換係数と、電子透かし情報と、量子化器83から出力される量子化情報と、単位視覚歪算出回路72から出力される単位視覚歪とから透かし信号を算出し、透かし信号を加算器76へ出力する。

【0138】加算器76、符号変換器84、逆量子化器85、逆線形変換回路86、加算器87の接続関係は、図2に示した回路と同じである。

50 【0139】フレームメモリ88は、加算器87から出

力される局所復号画像に動き補償を行って、動き補償予測画像を加算器 87 と線形変換回路 102 へ出力する。

【0140】次に、図 4 に示した回路の動作について説明する。

【0141】入力画像は、線形変換回路 101 に入力され、ここで線形変換が行われる。求まった変換係数は、原画像変換係数として出力される。一方、フレームメモリ 88 から出力される動き補償予測画像は、線形変換回路 102 へ入力され、動き補償予測画像に対して、線形変換回路 101 と同様の線形変換が行われる。そして、得られた変換係数は、予測画像変換係数として出力される。

【0142】予測画像変換係数は減算器 103 に入力され、対応する原画像変換係数から減じられて予測誤差画像変換係数が求まる。もし、線形変換回路 101 で行われる線形変換が図 2 の線形変換回路 82 で行われる線形変換と等価であるならば、減算器 103 から出力される予測誤差画像変換係数は、変換の線形性により、図 2 に示した線形変換回路 82 から出力される予測誤差画像変換係数と一致する。

【0143】求まった予測誤差画像変換係数は、量子化器 83 で量子化され、透かし無し量子化値が出力される。

【0144】透かし無し量子化値は、逆量子化器 74 で逆量子化され、透かし無し逆量子化値が出力される。量子化器 83、逆量子化器 74 の動作は、図 2 に示したものと同様である。

【0145】また、予測画像変換係数は加算器 75 へ入力され、加算器 75 で、逆量子化器 74 から出力される透かし無し逆量子化値に加算され、透かし無し復号画像変換係数が出力される。この加算器 75 の動作も、図 2 に示した回路と同様である。

【0146】また、線形変換回路 101 から出力される原画像変換係数は、単位視覚歪算回路 72 へ入力される。単位視覚歪算回路 72 の動作は、図 2 に示したものと同様であり、各変換係数に対する単位視覚歪が算出され、出力される。

【0147】そして、透かし信号発生回路 77 において、透かし無し復号画像変換係数と原画像変換係数と電子透かし情報と量子化情報と単位視覚歪とを用いて透かし信号が生成され、出力される。透かし信号発生回路 77 の動作は、図 2 に示したものと同様である。

【0148】透かし信号は、加算器 76 において、量子化器 83 から出力される透かし無し量子化値に加算され、その結果は透かし入り量子化値として出力される。透かし入り量子化値は、符号変換器 84 において、符号列に変換され、出力される。加算器 76、符号変換器 84 の動作は、図 2 に示したものと同様である。

【0149】さらに、加算器 76 から出力される透かし入り量子化値は、逆量子化器 85 で逆量子化され、逆線

形変換回路 86 において線形変換回路 101 で行われた線形変換の逆変換が行われ、局所復号予測誤差画像が求まる。

【0150】加算器 87 では、局所復号予測誤差画像に、フレームメモリ 88 から出力される動き補償予測画像が加算され、局所復号画像が求まる。

【0151】フレームメモリ 88 では動き補償が行われ、動き補償予測画像が生成、出力される。逆量子化器 85、逆線形変換回路 86、加算器 87、フレームメモリ 88 の動作は、図 2 に示したものと同一である。

【0152】上記した本発明の第 4 の実施例は、非可逆圧縮による電子透かしデータの劣化を防ぎ、かつ、視覚的な劣化を抑える動画画像の電子透かし挿入方式を与える。さらに、本発明の第 2 の実施例よりも、線形変換の計算回数を低減できる。

【0153】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば下記記載の効果を奏する。

【0154】本発明の第 1 の効果は、非可逆圧縮による電子透かしデータの劣化を抑えられる、ということである。

【0155】その理由は、本発明においては、非可逆圧縮符号化回路と電子透かし挿入器とを組み合わせ、非可逆圧縮時の量子化に適合するように、電子透かしデータを挿入するからである。従来の電子透かし方式では、非可逆圧縮を考慮せずに電子透かしを挿入するため、非可逆圧縮による劣化は避けられなかったが、本発明では、量子化による劣化を考慮して、その影響を緩和するように電子透かしを挿入するため、電子透かしデータの劣化を最小限に食い止めることができる。

【0156】本発明の第 2 の効果は、視覚／聴覚的な劣化を抑えつつ、電子透かしを挿入できる、ということである。

【0157】その理由は、本発明においては、視覚／聴覚モデルに基づいて視覚／聴覚的な劣化の度合を判定しつつ、これを小さく抑えるように電子透かしを挿入するためである。従来の電子透かし方式では、非可逆圧縮を考慮せずに電子透かしを挿入するため、量子化によって挿入した電子透かしが検出できなくなるような場合であっても、無駄に電子透かしを挿入して、不要な劣化を生じさせていたが、本発明では、このような無駄な場合には電子透かしを挿入しないため、視覚／聴覚的な劣化を小さく抑えることができる。

【0158】本発明の第 3 の効果は、本願発明を用いて従来ある電子透かし方式を改良した場合であっても、電子透かし検出器を変える必要はない、ということである。このため、検出器がすでに製造・出荷された後であっても、本願発明を用いて挿入方式を改良することで、視覚／聴覚的な劣化を小さく抑えて電子透かしの検出率を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例における、符号化および電子透かし挿入器の構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施例における、符号化および電子透かし挿入器の構成を示すブロック図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施例における、符号化および電子透かし挿入器の構成を示すブロック図である。

【図 4】本発明の第 4 の実施例における、符号化および電子透かし挿入器の構成を示すブロック図である。

【図 5】本発明の第 1、第 2、第 4 実施例における、透かし信号発生回路の構成を示すブロック図である。

【図 6】本発明の第 1、第 2、第 4 実施例における、透かし信号発生回路の構成を示すブロック図である。

【図 7】従来の電子透かし挿入器と符号化器の構成の一例を示すブロック図である。

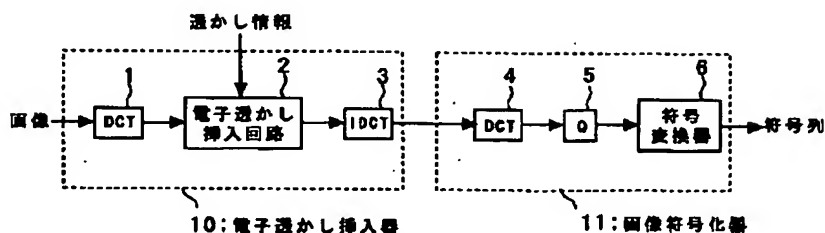
【図 8】従来の電子透かし挿入器と動画像符号化器の構成の一例を示すブロック図である。

【符号の説明】

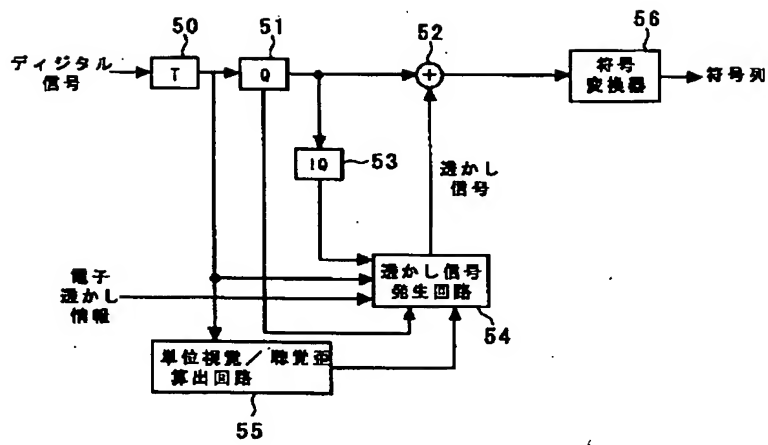
- 1 DCT回路
- 2 電子透かし挿入回路
- 3 逆DCT回路
- 4 DCT回路
- 5 量子化器
- 6 符号変換器
- 10 電子透かし挿入器
- 11 画像符号化器
- 21 減算器
- 22 DCT回路
- 23 量子化器
- 24 符号変換器
- 25 逆量子化器
- 26 逆DCT回路
- 27 加算器
- 28 フレームメモリ
- 40 動画像符号化器
- 50 線形変換回路

- 51 逆量子化器
- 52 加算器
- 53 逆量子化器
- 54 透かし信号発生回路
- 55 単位視覚／聴覚歪算出回路
- 46 符号変換器
- 71 線形変換回路
- 72 単位視覚歪算出回路
- 73 線形変換回路
- 74 逆量子化器
- 75 加算器
- 76 加算器
- 77 透かし信号発生回路
- 81 減算器
- 82 線形変換回路
- 83 量子化器
- 84 符号変換器
- 85 逆量子化器
- 86 逆線形変換回路
- 87 加算器
- 88 フレームメモリ
- 90 透かし信号発生回路
- 101 線形変換回路
- 102 線形変換回路
- 103 減算器
- 200 目標信号算出回路
- 201 透かし仮挿入器
- 202 透かし信号生成回路
- 203 視覚劣化度算出回路
- 204 透かし挿入判定回路
- 205 透かし信号発生回路
- 231 透かし仮挿入器
- 232 透かし信号生成回路
- 233 視覚劣化度算出回路
- 235 透かし信号発生回路

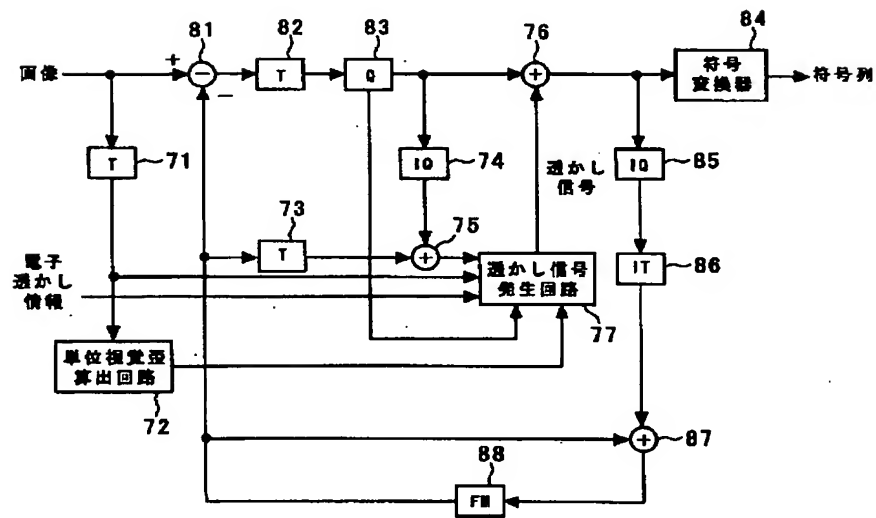
【図 7】



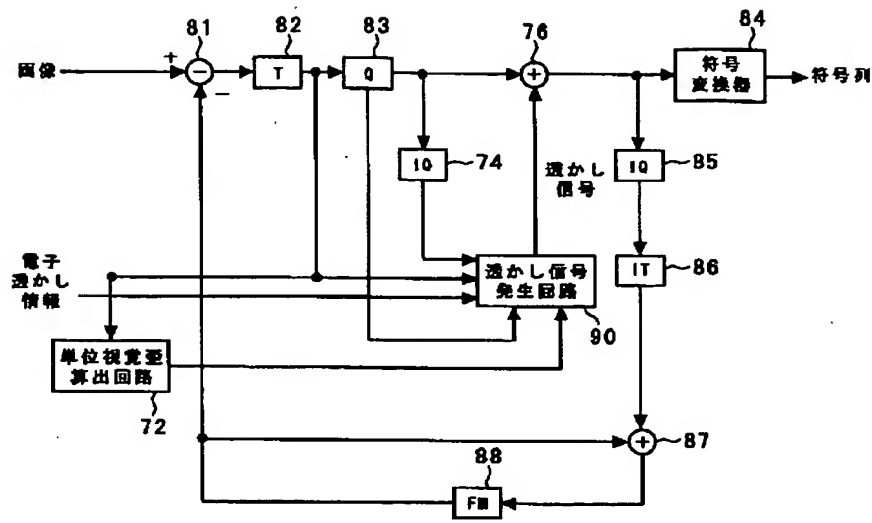
【図 1】



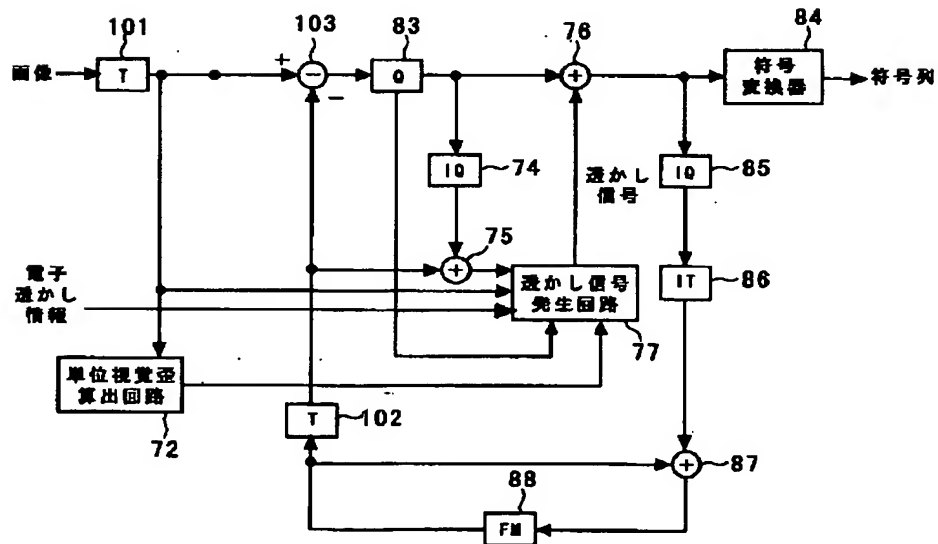
【図 2】



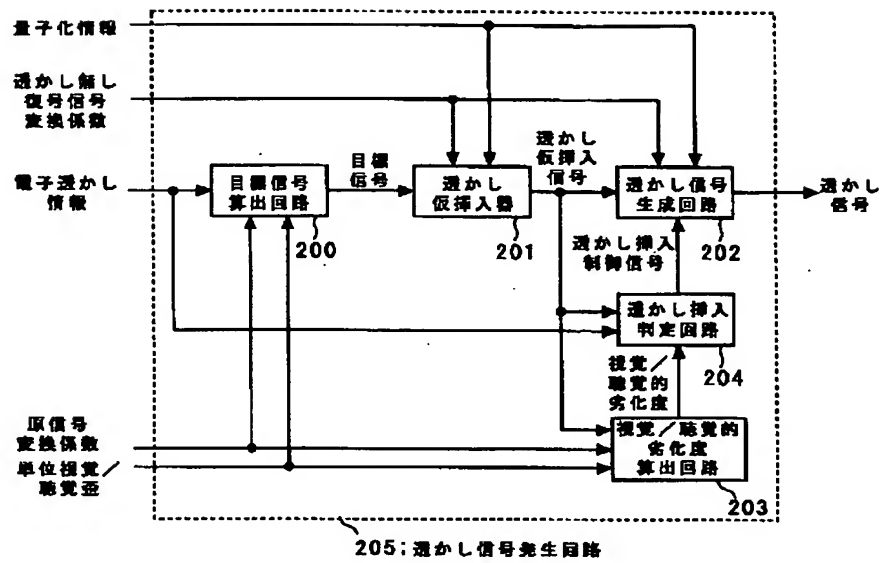
【図 3】



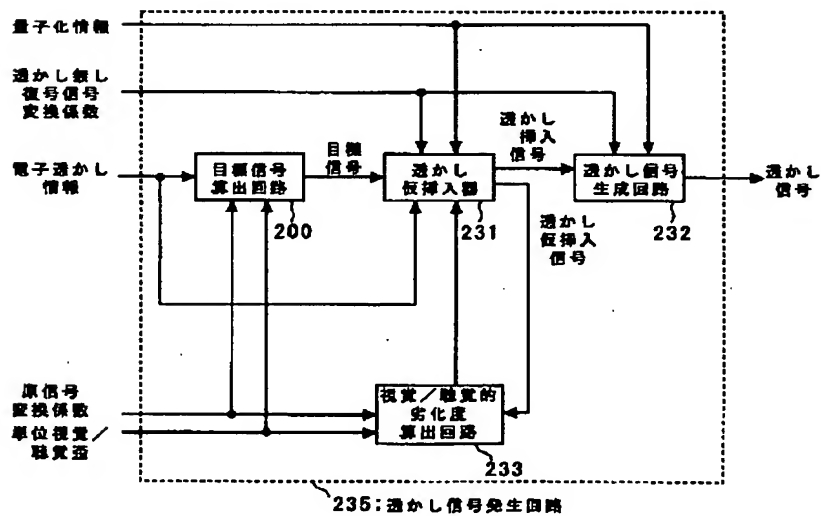
【図 4】



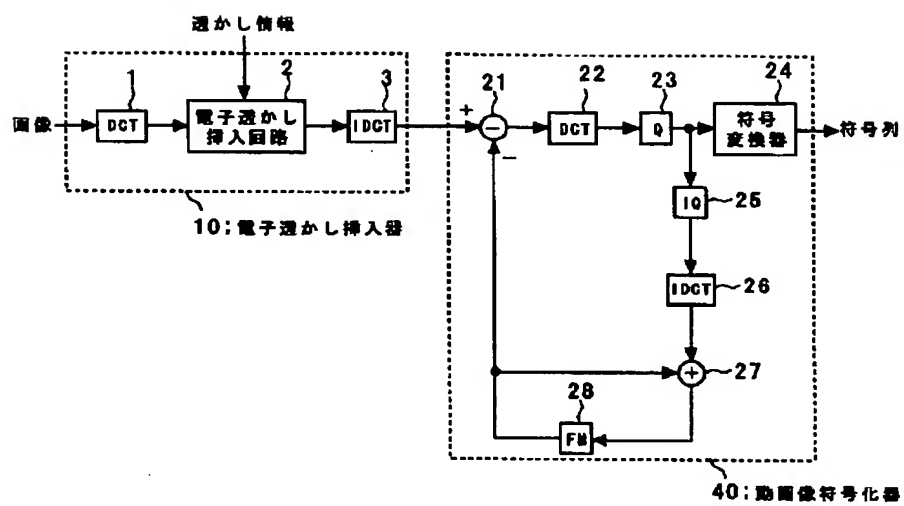
【図5】



【図6】



【図 8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.